



Atty. Dkt. No. 054821-0863

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant: H. Laig-Hoerstebroek et al.

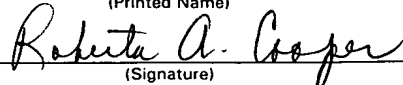
Title: ENERGY STORE AND METHOD  
FOR DETERMINING THE WEAR  
TO AN ELECTROCHEMICAL  
ENERGY STORE

Appl. No.: 10/626,980

Filing Date: 07/25/2003

Examiner: To be determined

Art Unit: To be determined

<b>CERTIFICATE OF EXPRESS MAILING</b>	
I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service's "Express Mail Post Office To Addressee" service under 37 C.F.R. § 1.10 on the date indicated below and is addressed to: Commissioner for Patents, PO Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450.	
EV 417421459 US	01/16/04
(Express Mail Label Number)	(Date of Deposit)
Roberta A. Cooper (Printed Name)	
 (Signature)	

**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said original foreign application:

- GERMANY Patent Application No. DE 102 34 032.3-34  
filed 07/26/2002.

Respectfully submitted,

Date 1/16/2004

FOLEY & LARDNER  
Customer Number: 26371  
Telephone: (414) 297-5564  
Facsimile: (414) 297-4900

By 

Marcus W. Sprow  
Attorney for Applicant  
Registration No. 48,580

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 34 032.3

**Anmeldetag:** 26. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** VB Autobatterie GmbH, Hannover/DE

**Bezeichnung:** Energiespeicher und Verfahren zur Ermittlung  
des Verschleißes eines elektrochemischen  
Energiespeichers

**IPC:** G 01 R und H 01 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Juli 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

# GRAMM, LINS & PARTNER

## Patent- und Rechtsanwaltssozietät

Gesellschaft bürgerlichen Rechts

GRAMM, LINS & PARTNER GbR, Theodor-Heuss-Str. 1, D-38122 Braunschweig

VB Autobatterie GmbH  
Am Leineufer 51

30419 Hannover

### Braunschweig:

Patentanwalt Prof. Dipl.-Ing. Werner Gramm\*  
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. jur. Edgar Lins\*  
Rechtsanwalt Hanns-Peter Schramm k  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Thorsten Rehmann\*  
Rechtsanwalt Christian S. Drzymalla  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Hans Joachim G rstein\*  
Rechtsanwalt Stefan Risthaus  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Kai Stornebel°

### Hannover:

Patentanwältin Dipl.-Chem. Dr. Martina Läufer\*°

★ European Patent Attorney  
° European Trademark Attorney

Unser Zeichen/Our ref.:

3333-123 DE-1

Datum/Date

25. Juli 2002

5

## Energiespeicher und Verfahren zur Ermittlung des Verschleißes eines elektrochemischen Energiespeichers

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Verschleißes eines elektrochemischen Energiespeichers durch

10

- Bestimmen der Temperatur und
- Bestimmen einer Verschleißgröße über die Zeit in Abhängigkeit von der Batterietemperatur.

15

Die Erfindung betrifft weiterhin einen Energiespeicher, insbesondere eine Speicherbatterie für Kraftfahrzeuge, mit Temperaturmessmitteln und mit Rechenmitteln, sowie ein mit einem elektrochemischen Energiespeicher versehenes System.

20

Energiespeicher, beispielsweise wiederaufladbare elektrochemische Speicherbatterien, unterliegen einem Verschleiß insbesondere beim Entlade- und Ladebe-

Antwort bitte nach / please reply to:

Hannover:

Freundallee 13  
D-30173 Hannover  
Bundesrepublik Deutschland  
Telefon 0511 / 988 75 07  
Telefax 0511 / 988 75 09

Braunschweig:

Theodor-Heuss-Straße 1  
D-38122 Braunschweig  
Bundesrepublik Deutschland  
Telefon 0531 / 28 14-0 - 0  
Telefax 0531 / 28 14-0 - 28

trieb. Neben dem Entlade- und Ladebetrieb gibt es auch andere, den Verschleiß von elektrochemischen Energiespeichern beschleunigende Betriebsbedingungen. Dazu gehört zum Beispiel beim Bleiakkumulator die gesamte Betriebsdauer, das heißt die gesamte seit der Inbetriebnahme verstrichene Zeit einschließlich der

5 Perioden, in denen der Akkumulator nicht elektrisch beaufschlagt wurde.

Weiterhin können erhöhte Temperaturen den Verschleiß während der Perioden ohne elektrische Beaufschlagung und den durch zyklischen Entlade- und Ladebetrieb hervorgerufenen Verschleiß verstärken.

Für den Einsatz von Energiespeichern ist es erwünscht, den Verschleiß auf Grund von Verlust an Speicherkapazität zu bestimmen. Hierbei stellt jedoch die Komplexität der Vorgänge im Energiespeicher ein Problem dar, die mit naturwissenschaftlichen Methoden nur schwer beschreibbar sind.

15

Beispielsweise ist in der DE 38 08 559 C2 ein Verfahren zur Überwachung der Leistungsgrenze einer Starterbatterie offenbart, bei dem durch Aufsummieren der zugeflossenen und abgeflossenen Ladungsmenge eine Ladungsmengenbilanz erstellt wird. Hieraus wird in Verbindung mit der Überwachung einer Grenz-

20 Klemmenspannung und der Temperatur der Ladezustand der Starterbatterie bewertet. Es kann keine Aussage über die verbleibende maximale Speicherkapazität des Energiespeichers getroffen werden.

In der DE 195 40 872 C2 ist ein empirisches Verfahren zur Bestimmung des Al-

25 terungszustandes einer Batterie beschrieben, bei der ein batteriespezifisches Kennfeld der Batteriealterung vorgegeben wird. Durch Erfassen von Momentanwerten der Batteriealterungseinflussgrößen bei der überwachten Batterie wird mit Hilfe des Kennfeldes ein Batteriealterungswert ermittelt. Dabei ist unter anderem ein Koeffizient zur Berücksichtigung des Temperaturinflusses vorgesehen.

30

Die Differenzierung des Betriebszustandes in Bezug auf den temperaturabhängigen Verschleiß erfordert jedoch einen relativ komplexen Rechenalgorithmus, der in der Regel sehr speicheraufwendig ist und eine Implementierung auf einen Mikrokontroller erschwert.

Aufgabe der Erfindung war es daher, ein verbessertes Verfahren zur Ermittlung des Verschleißes eines elektrochemischen Energiespeichers zu schaffen, mit dem eine Verschleißgröße in Abhängigkeit von der Batterietemperatur relativ einfach bestimmt werden kann.

Die Aufgabe wird mit dem gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Verschleißgröße als Summe über die Zeit von temperaturabhängigen Verschleißbeiträgen bestimmt wird, wobei die Werte der Verschleißbeiträge mit steigender Batterietemperatur überproportional ansteigen.

Es wurde erkannt, dass der Batterieverschleiß überproportional mit der Batterietemperatur ansteigt und damit der Verschleiß durch Aufsummierung von temperaturabhängigen Verschleißbeiträgen bestimmt werden kann, die entsprechend mit steigender Batterietemperatur überproportional ansteigen.

Insbesondere kann die Verschleißgröße durch eine Funktion bestimmt werden, die exponentiell mit der absoluten Temperatur anwächst.

Eine vorteilhafte Lösung kann auch darin bestehen, dass die Verschleißgröße nach Temperaturbereichen differenziert bestimmt wird, wobei die Verschleißgröße bei Temperaturen oberhalb einer oberen Grenztemperatur über die Zeit als Funktion der Batterietemperatur zunimmt.

Vorzugsweise wird der Verschleiß eines elektrochemischen Energiespeichers unmittelbar aus der Batterietemperatur über die Zeit bestimmt, wobei eine Differenzierung nach Temperaturbereichen vorgenommen wird. Dabei hat sich herausgestellt, dass oberhalb einer oberen Grenztemperatur der Verschleiß mit zunehmender Temperatur progressiv voranschreitet und der Verschleiß ohne weitere Einflussgrößen unmittelbar aus der Temperatur des Energiespeichers berechnet werden kann. Die Batterietemperatur kann relativ einfach durch Messung, Schätzung oder Berechnung, durch Ableiten aus den bekannten Temperaturen anderer Komponenten, durch Berücksichtigung des Wärmeein- und -austrages durch Strahlung oder Strömung von Fluiden, durch Berücksichtigung des Wärmeeintrags durch elektrische Verlustleistung im Energiespeicher etc. bestimmt werden.

Weiterhin kann berücksichtigt werden, dass die Verschleißgröße bei Batterietemperaturen in einem Zwischenbereich zwischen einer unteren Grenztemperatur und der oberen Grenztemperatur über die Zeit unabhängig von der Batterietemperatur linear mit der Zeit zunimmt. Zudem tritt in der Regel unterhalb der unteren Grenztemperatur kein Verschleiß auf, so dass in diesem Temperaturbereich die bislang ermittelte Verschleißgröße konstant gehalten wird.

Zur Bestimmung der Verschleißgröße  $Q_v$  werden vorzugsweise Verschleißbeiträge  $q_v$  in Zeitintervallen  $dt$  berechnet, wobei die Zeitintervalle  $dt$  vorzugsweise jeweils in Abhängigkeit von der Batterietemperatur  $T$  so bemessen sind, dass die Batterietemperatur in definierten Toleranzbereichen konstant ist. Im Falle des nach Temperatur-Bereichen differenzierten Vorgehens sind die Zeitbereiche allerdings entsprechend der oben erwähnten Temperaturintervalle festgelegt. Die Verschleißgröße  $Q_v$  wird dann als Summe der Verschleißbeiträge  $q_v$  der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle  $dt$  bestimmt.

Für Batterietemperaturen oberhalb einer oberen Grenztemperatur können die Verschleißbeiträge  $q_v$  progressiv mit der Batterietemperatur über die Zeit zunehmen. Für Batterietemperaturen in dem Zwischenbereich oberhalb der unteren Grenztemperaturen und unterhalb der oberen Grenztemperaturen können die Verschleißbeiträge  $q_v$  linear mit der Zeit unabhängig von der Temperatur zunehmen und für Batterietemperaturen unterhalb der unteren Grenztemperatur bleiben die Verschleißbeiträge  $q_v$  konstant bleiben.

Die Temperaturabhängigkeit der Verschleißbeiträge  $q_v$  kann in Abhängigkeit vom Batteriesystem sehr verschiedene Formen haben. Ein häufig gültiger Ansatz ist:

$$q_v = K_0 * c * \exp(-E/T)dt,$$

wobei die Verschleißgröße  $Q_v$  aus den Verschleißbeiträgen  $q_v$  nach der Formel

$$Q_v = \sum q_v$$

berechnet wird und wobei  $K_0$  ein Proportionalitätsfaktor ist, in dem sich vorteilhafterweise die Kapazität des Energiespeichers abbildet, und  $c$  ein dimensionsloser Faktor ist. Die Größe  $E$  hat die Bedeutung einer Aktivierungstemperatur mit der Dimension  $^{\circ}\text{C}$ .

Es bietet sich auch häufig an, die Temperaturabhängigkeit der Verschleißbeiträge  $q_v$  vereinfacht zum Beispiel durch Differenzierung der Temperaturbereiche darzustellen, wobei mindestens einer der Temperaturbereiche eine überproportionale Temperaturabhängigkeit aufweist. Beispielsweise können die nach Temperaturbereichen aufgeteilten temperaturabhängigen Verschleißbeiträge  $q_v$  nach den Formeln

$$q_v = K_0 * A * (1 + a * T + b * T^2)dt$$

für  $T \geq T_0$

$$q_v = K_0 * B * (T - T_1)dt$$

für  $T_1 < T < T_0$

5  $q_v = 0$

für  $T \leq T_1$

berechnet werden, wobei der Koeffizient  $K_0$  ein Proportionalitätsfaktor ist, in dem sich vorteilhaft die Kapazität des Energiespeichers abbildet. Die Koeffizienten A und B sind Proportionalitätsfaktoren, die für verschiedene Temperaturbereiche unterschiedlich gewählt werden können. Die Batterietemperatur T in Kelvin [K] und die Zeit t in Stunden [h] sind die Variablen der Gleichungen.

Die Parameter A, B, a, b haben die folgenden Dimensionen: A [ $h^{-1}$ ], a [ $grd^{-1}$ ], b [ $grd^{-2}$ ], B [ $grd^{-1}/h$ ]. Die Grenztemperaturen  $T_1$  und  $T_0$  werden in Kelvin [K] gemessen.

15

Häufig wirken in den Temperaturbereichen unterschiedliche Verschleißmechanismen. Deshalb können die Konstanten c und E bzw. A, B, a, b in verschiedenen Temperaturbereichen unterschiedliche Werte haben.

20

Aus einer derart bestimmten Verschleißgröße  $Q_v$  kann die Speicherfähigkeit des elektrochemischen Energiespeichers vorteilhaft dadurch bestimmt werden, dass die Verschleißgröße  $Q_v$  auf die Speicherfähigkeit  $Q_N$  des Energiespeichers zu einem früheren Zeitpunkt als der für die Verschleißgröße  $Q_v$  geltende Zeitpunkt bezogen wird. Als Bezug wird vorzugsweise die Speicherfähigkeit des Energiespeichers im Neuzustand, das heißt die Anfangskapazität des Energiespeichers gewählt.

25



Die aktuelle Speicherfähigkeit des elektrochemischen Energiespeichers kann dann aus der Differenz der Anfangskapazität des Energiespeichers im Neuzustand und der Verschleißgröße bestimmt werden.

- 5 Damit ist die aktuelle Speicherfähigkeit mit geringem Rechenaufwand und einfacher kontinuierlicher Temperaturmessung relativ zuverlässig bestimmbar.

Besonders vorteilhaft ist es, die berechnete Verschleißgröße mit weiteren Zustandsgrößen, die den Zustand des Energiespeichers beschreiben, zu verknüpfen und hieraus eine verknüpfte Verschleißgröße  $Q_v$  zu bestimmen. Die weiteren Zustandsgrößen können mit einem oder mehreren anderen Verfahren zur Ermittlung des Verschleißes eines elektrochemischen Energiespeichers bestimmt werden.

- 10 Vorzugsweise werden Verfahren eingesetzt, die andere zum Verschleiß von elektrochemischen Energiespeichern beitragende Effekte als die Temperaturabhängigkeit des zeitbedingten Verschleißes berücksichtigen. Durch Subtrahieren der verknüpften Verschleißgröße von der Anfangskapazität des elektrochemischen Energiespeichers kann ein Maß für die aktuelle Speicherfähigkeit berechnet werden.

- 20 Die Aufgabe wird weiterhin durch einen Energiespeicher gelöst, bei dem Rechenmittel zur Berechnung der Verschleißgröße als Funktion der gemessenen Batterietemperatur nach dem oben beschriebenen Verfahren beispielsweise durch geeignete Programmierung eines Mikroprozessor- oder Mikrocontrollersystems ausgebildet sind. Weiterhin wird die Aufgabe durch ein System gelöst,
- 25 welches mit einem elektrochemischen Energiespeicher ausgerüstet ist, bei dem Rechenmittel zur Berechnung der Verschleißgröße als Funktion der gemessenen Batterietemperatur nach dem oben beschriebenen Verfahren beispielsweise durch geeignete Programmierung eines Mikroprozessor- oder Mikrocontrollersystems ausgebildet sind.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

In Abhängigkeit von der aktuellen Batterietemperatur  $T$  wird ein differentieller

- 5 Verschleißbeitrag  $q_v$  bestimmt. Durch Aufsummieren der Verschleißbeiträge  $q_v$  wird eine Verschleißgröße  $Q_v$  ermittelt, die das Zeitintegral der differentiellen Verschleißbeiträge  $q_v$  ist. Diese Verschleißgröße  $Q_v$  ist verknüpft mit der Kapazität der Speicherbatterie im Neuzustand ein Maß für die Speicherfähigkeit des Energiespeichers.

#### Beispiel 1:

- Es hat sich gezeigt, dass bei höheren Batterietemperaturen  $T$  oberhalb einer oberen Grenztemperatur  $T_0$  in einem Zeitintervall  $dt$  einer bestimmten Dauer ein mit steigender Batterietemperatur  $T$  progressiv ansteigender Verschleiß zu beobachten ist. Bei mittleren Batterietemperaturen  $T$  unterhalb der oberen Grenztemperatur  $T_0$  und oberhalb einer unteren Grenztemperatur  $T_1$  ist der Verschleiß in einem Zeitintervall  $dt$  einer bestimmten Dauer linear von der Temperatur abhängig und nimmt linear mit der voranschreitenden Zeit zu. Bei tiefen Batterietemperaturen  $T$  unterhalb der unteren Grenztemperatur  $T_1$  tritt kein signifikanter Verschleiß ein.

Der Verschleiß eines elektrochemischen Energiespeichers wird somit differenziert nach den genannten Temperaturbereichen ermittelt. Für Zeitintervalle  $dt$ , in denen innerhalb eines Toleranzbereichs annähernd gleiche Temperaturen  $T$  vorliegen, werden Verschleißbeiträge  $q_v$  nach den folgenden Formeln berechnet:

$$q_v = K_0 * A * (1 + a * T + b * T^2) dt$$

für  $T \geq T_0$

$$q_v = K_0 * B (T - T_1) dt$$

für  $T_1 < T < T_0$

$$q_v = 0$$

für  $T \leq T_1$ .

- 5 Dabei ist  $K_0$  ein Proportionalitätsfaktor, der vorteilhaft die Batteriegröße, die Batteriekapazität o. ä. abbildet und für die verschiedenen Temperaturbereiche unterschiedlich gewählt werden kann. Vorzugsweise wird der Proportionalitätsfaktor  $K_0$  jedoch für alle Temperaturen gleich der Speicherfähigkeit  $Q_N$  des Energiespeichers im Neuzustand gewählt. Der Proportionalitätsfaktor  $K_0$  entspricht dann der Anfangskapazität des Energiespeichers.

Der Zeitparameter  $A$ , der für unterschiedliche Temperaturbereiche unterschiedliche Werte annehmen kann, hat die Dimension  $h^{-1}$ . Der erste Temperaturkoeffizient  $a$  hat die Dimension  $grad^{-1}$ , der zweite Temperaturkoeffizient  $b$  hat die Dimension  $grad^{-2}$ .  $B$  ist ein Zeittemperaturparameter mit der Dimension  $grad^{-1}/h$ . Die Grenzttemperaturen  $T_1$  und  $T_0$  werden in K gemessen. Die Variablen der oben genannten Gleichungen sind die Temperatur  $T$  in  $^{\circ}C$  und die Zeit  $t$  in Stunden [h]. Die Temperatur des Energiespeichers kann unmittelbar an dem Energiespeicher gemessen, aus anderen Größen geschätzt oder berechnet werden. Die Batterietemperatur  $T$  kann aus bekannten Temperaturen anderer Komponenten abgeleitet werden. Es kann auch der Wärmeeintrag und Wärmeartrag durch Strahlung oder Strömung von Fluiden berücksichtigt oder der Wärmeeintrag durch elektrische Verlustleistung im Energiespeicher berücksichtigt werden. Weitere Methoden zur Bestimmung einer Batterietemperatur  $T$  sind gleichermaßen einsetzbar.

25 Es wurde nun erkannt, dass die aus der Summe der Verschleißbeiträge  $q_v$  berechnete Verschleißgröße  $Q_v$  den Verlust an Speicherfähigkeit eines elektrochemischen Energiespeichers ausdrückt. Die aktuelle Speicherfähigkeit kann somit aus der Verschleißgröße  $Q_v$  bestimmt werden, indem die Verschleißgröße  $Q_v$  auf die Speicherfähigkeit  $Q_N$  des Energiespeichers zu einem früheren Zeitpunkt bezo-

gen wird, beispielsweise auf die Anfangskapazität des Energiespeichers im Neuzustand. Zu diesem Zeitpunkt wird die Verschleißgröße  $Q_v$  vorzugsweise auf den Wert Null gesetzt. Durch kontinuierliche Bestimmung der Verschleißgröße  $Q_v$  beginnend vom Neuzustand während des gesamten Betriebs eines Energiespeichers kann somit durch einfache Temperaturmessung mit geringem Rechenaufwand die aktuelle Speicherfähigkeit des Energiespeichers bestimmt werden. Hierzu wird lediglich die Differenz der Verschleißgröße  $Q_v$  zu der Speicherfähigkeit  $Q_N$  des Energiespeichers zu dem früheren Zeitpunkt, vorzugsweise der Anfangskapazität im Neuzustand, berechnet.

Für einen Bleiakкумулятор haben sich folgende Parameter- und Koeffizientenwerte als vorteilhaft herausgestellt:

Zeitparameter  $A = 2,8 \cdot 10^{-5} [\text{h}^{-1}]$

erster Temperaturkoeffizient  $a = -5,7 \cdot 10^{-2} [\text{grd}^{-1}]$

zweiter Temperaturkoeffizient  $b = 1,1 \cdot 10^{-3} [\text{grd}^{-2}]$

Zeittemperaturparameter  $B = 2,7 \cdot 10^{-7} [\text{grd}^{-1}/\text{h}]$

untere Grenztemperatur  $T_1 = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

obere Grenztemperatur  $T_0 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$ .

### Beispiel 2:

Im Falle der Beschreibung der Verschleißbeiträge  $q_v$  mit der oben beschriebenen Exponentialfunktion wurde zum Beispiel für einen Bleiakкумулятор gefunden, das für den Verschleiß die Konstanten  $c = 123$  und  $E = 5000 \text{ grd}$  einen guten Richtwert darstellen, so dass sich ein Verschleißbeitrag von  $q_v = 132 \cdot K_0 [\text{Ah}] \cdot \exp(-5000/T)$  als Verlust pro Stunde [h] in  $[\text{Ah}/\text{h}]$  ergibt. Nimmt man zum Beispiel einen Temperaturverlauf an der Speicherbatterie pro Tag von 22h mit  $25^\circ\text{C}$  und 2h mit  $60^\circ\text{C}$  an, so ergibt sich das Verhältnis von Verschleißgröße  $Q_v$  zu dem Proportionalitätsfaktor  $Q_v/K_0$  zu 8,4% pro Jahr.

Da es neben dem Temperatureinfluss auch andere zum Verschleiß von elektrochemischen Energiespeichern beitragende Effekte gibt, wie zum Beispiel Ladungsdurchsatz, ist es vorteilhaft, die Verschleißgröße  $Q_v$  mit weiteren Zustandsgrößen zu verknüpfen, die mit anderen Verfahren zur Ermittlung des Verschleißes ermittelt wurden, insbesondere Verfahren, die andere zum Verschleiß beitragende Effekte als den Temperatureinfluss berücksichtigen.

JG/he-ad



**GRAMM, LINS & PARTNER**  
**Patent- und Rechtsanwaltssozietät**  
Gesellschaft bürgerlichen Rechts

GRAMM, LINS & PARTNER GbR, Theodor-Heuss-Str. 1, D-38122 Braunschweig

VB Autobatterie GmbH  
Am Leineufer 51

30419 Hannover

**Braunschweig:**

Patentanwalt Prof. Dipl.-Ing. Werner Gramm\*  
Patentanwalt Dipl.-Phys. Dr. jur. Edgar Lins\*  
Rechtsanwalt Hanns-Peter Schrammek  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Thorsten Rehmann\*  
Rechtsanwalt Christian S. Drzymalla  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Hans Joachim Gerstein\*  
Rechtsanwalt Stefan Risthaus  
Patentanwalt Dipl.-Ing. Kai Stornebel\*

**Hannover:**

Patentanwältin Dipl.-Chem. Dr. Martina Läufer\*

\* European Patent Attorney  
° European Trademark Attorney

Unser Zeichen/Our ref.:  
3333-123 DE-1

Datum/Date  
24. Juli 2002

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Ermittlung des Verschleißes eines elektrochemischen Energiespeichers durch

- Bestimmen der Batterietemperatur (T) und
- Bestimmen einer Verschleißgröße ( $Q_v$ ) über die Zeit (t) in Abhängigkeit der Batterietemperatur (T),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Verschleißgröße ( $Q_v$ ) als Summe über die Zeit (t) von temperaturabhängigen Verschleißbeiträgen ( $q_v$ ) bestimmt wird, wobei die Werte der Verschleißbeiträge ( $q_v$ ) mit steigender Batterietemperatur (T) überproportional ansteigen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschleißgröße ( $Q_v$ ) von der Batterietemperatur (T) nach der Formel

Antwort bitten nach / please reply to:

Hannover:

Freundallee 13  
D-30173 Hannover  
Bundesrepublik Deutschland  
Telefon 0511 / 988 75 07  
Telefax 0511 / 988 75 09

Braunschweig:

Theodor-Heuss-Straße 1  
D-38122 Braunschweig  
Bundesrepublik Deutschland  
Telefon 0531 / 28 14 0 - 0  
Telefax 0531 / 28 14 0 - 28

$$Q_v = K_0 * c * \exp(-E/T)dt$$

abhängig ist, wobei T ein etwa der Batterietemperatur entsprechender Wert,  $K_0$  ein festgelegter Proportionalitätsfaktor, c und E definierte Konstanten und dt ein Zeitintervall sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abhängigkeit der Verschleißgröße ( $Q_v$ ) von der Batterietemperatur (T) nach Temperaturbereichen differenziert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verschleißgröße ( $Q_v$ ) bei Batterietemperaturen (T) zwischen einer unteren Grenztemperatur ( $T_1$ ) und einer oberen Grenztemperatur ( $T_0$ ) über die Zeit (t) linear von der Batterietemperatur (T) und linear mit der Zeit (t) zunimmt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verschleißgröße ( $Q_v$ ) bei einer Batterietemperatur (T) unterhalb der unteren Grenztemperatur ( $T_1$ ) über die Zeit (t) konstant bleibt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch Berechnen von Verschleißbeiträgen ( $q_v$ ) in Zeitintervallen (dt)**, wobei die Verschleißbeiträge ( $q_v$ ) für Batterietemperaturen (T) oberhalb einer Grenztemperatur ( $T_0$ ) überproportional mit der Batterietemperatur (T) zunehmen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **gekennzeichnet durch Berechnen der Verschleißbeiträge ( $q_v$ ) für Batterietemperaturen (T) oberhalb einer Grenztemperatur ( $T_0$ ) für Zeitintervalle (dt) nach der Formel**

$$q_v = K_0 * A * (1 + a * T + b * T^2) dt,$$

wobei  $K_0$  ein Proportionalitätsfaktor,  $A$  ein Zeitparameter,  $a$  ein erster Temperaturkoeffizient und  $b$  ein zweiter Temperaturkoeffizient ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **gekennzeichnet durch** Berechnen der Verschleißbeiträge ( $q_v$ ) für Batterietemperaturen ( $T$ ) unterhalb der oberen Grenztemperatur ( $T_0$ ) für Zeitintervalle ( $dt$ ) nach der Formel

$$q_v = K_0 * B(T - T_1) dt,$$

wobei  $K_0$  ein Proportionalitätsfaktor und ein  $B$  ein Zeitparameter ist.

9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **gekennzeichnet durch** Berechnen der Verschleißbeiträge ( $q_v$ ) für Batterietemperaturen ( $T$ ) oberhalb der unteren Grenztemperatur ( $T_1$ ) und unterhalb der oberen Grenztemperatur ( $T_0$ ) für Zeitintervalle ( $dt$ ) nach der Formel

$$q_v = K_0 * B(T - T_1)dt,$$

wobei  $K_0$  ein Proportionalitätsfaktor und  $B$  ein Zeitparameter ist und die Verschleißbeiträge ( $q_v$ ) für Batterietemperaturen unterhalb der unteren Grenztemperatur ( $T_1$ ) gleich Null sind.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Verschleißbeiträge ( $q_v$ ) in Zeitintervallen ( $dt$ ) berechnet werden, wobei die Zeitintervalle ( $dt$ ) jeweils in Abhängigkeit von der Batterietemperatur ( $T$ ) so bemessen sind, dass die Batterietemperatur ( $T$ ) ungefähr konstant ist.



11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschleißgröße ( $Q_V$ ) ein Maß für die Speicherfähigkeit des elektrochemischen Energiespeichers ist, wobei die Verschleißgröße ( $Q_V$ ) auf die Speicherfähigkeit ( $Q_N$ ) des Energiespeichers zu einem früheren Zeitpunkt als den für die Verschleißgröße ( $Q_V$ ) geltenden Zeitpunkt bezogen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speicherfähigkeit ( $Q_N$ ) des Energiespeichers zu dem früheren Zeitpunkt die Anfangskapazität im Neuzustand ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschleißgröße ( $Q_V$ ) zu dem früheren Zeitpunkt Null ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **gekennzeichnet durch** Berechnen der aktuellen Speicherfähigkeit des elektrochemischen Energiespeichers aus der Differenz der Anfangskapazität ( $Q_N$ ) des Energiespeichers im Neuzustand und der Verschleißgröße ( $Q_V$ ).

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Bestimmen einer verknüpften Verschleißgröße ( $Q_V^*$ ) aus der berechneten Verschleißgröße ( $Q_V$ ) und weiteren Zustandsgrößen, die den Zustand des Energiespeichers beschreiben.

16. Energiespeicher, insbesondere Speicherbatterie für Kraftfahrzeuge, mit Temperaturmessmitteln und mit Rechenmitteln, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rechenmittel zu Berechnung einer Verschleißgröße ( $Q_V$ ) als Funktion der gemessenen Batterietemperatur nach dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet sind.

17. - Mit einem elektrochemischen Energiespeicher versehenes System, insbesondere Kraftfahrzeug, mit Temperaturmessmitteln und mit Rechenmitteln, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rechenmittel zu Berechnung einer Verschleißgröße ( $Q_v$ ) als Funktion der gemessenen Batterietemperatur nach dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet sind.

JG/he-ad

## Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Ermittlung des Verschleißes eines elektrochemischen Energiespeichers durch

5

- Bestimmen der Batterietemperatur ( $T$ ) und
- Bestimmen einer Verschleißgröße ( $Q_v$ ) über die Zeit ( $t$ ) in Abhängigkeit von der Batterietemperatur ( $T$ ),

10

wird die Verschleißgröße ( $Q_v$ ) als Summe über die Zeit ( $t$ ) von temperaturabhängigen Verschleißbeiträgen ( $q_v$ ) bestimmt wird, wobei die Werte der Verschleißbeiträge ( $q_v$ ) mit steigender Batterietemperatur ( $T$ ) überproportional ansteigen.

15